

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-289949

(43)Date of publication of application : 04.10.2002

(51)Int.Cl.

H01S 3/06
C03C 13/04
G02B 6/00
G02B 6/17
G02F 1/01
G02F 1/37
H01S 3/10
H04N 5/74

(21)Application number : 2001-088802

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.03.2001

(72)Inventor : KUBOTA SHIGEO
MASUDA HISASHI

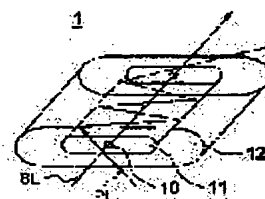
(54) OPTICAL FIBER, LIGHT AMPLIFICATION AND OSCILLATION DEVICE, LASER BEAM GENERATOR, LASER DISPLAY DEVICE AND COLOR LASER DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

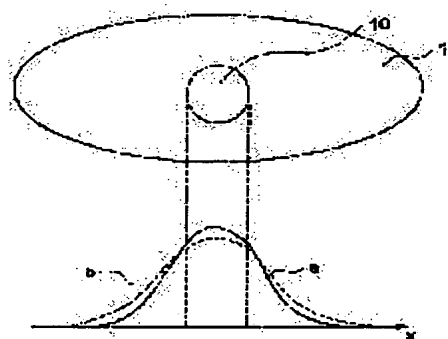
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical fiber, suppressing the oscillation of one transition wavelength band and performing oscillation and amplification in the other transition wavelength band, when a plurality of oscillatable transition wavelength bands are present, and to provide a light amplification and oscillation device, a laser beam generator, a laser display device and a color laser display device using it.

SOLUTION: The optical fiber is provided with a core 10, containing a first metal ion and a clad 11 formed at the outer peripheral part of the core, containing a second metal ion for which an absorption coefficient in the transition wavelength band of the first transition of the first metal ion is larger than the absorption coefficient in the transition wavelength band of the second transition of the first metal ion preferably by five times or larger; and Amplification of light due to the first transition is suppressed and at least the amplification or oscillation of the light due to the second transition is performed, and the optical fiber is incorporated and the light amplification and oscillation device, the laser beam generator and the laser display device, etc., are constituted.

(a)



(b)



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-289949

(P2002-289949A)

(43) 公開日 平成14年10月4日 (2002.10.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 S 3/06		H 0 1 S 3/06	B 2 H 0 5 0
C 0 3 C 13/04		C 0 3 C 13/04	2 H 0 7 9
G 0 2 B 6/00	3 7 6	G 0 2 B 6/00	3 7 6 A 2 K 0 0 2
6/17		G 0 2 F 1/01	D 4 G 0 6 2
G 0 2 F 1/01		1/37	5 C 0 5 8
審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-88802(P2001-88802)

(22) 出願日 平成13年3月26日(2001.3.26)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 久保田 重夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 増田 久

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

最終頁に続く

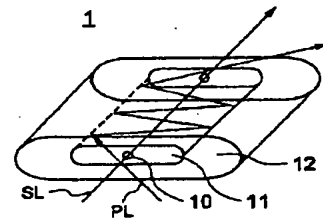
(54) 【発明の名称】 光ファイバ、光増幅発振装置、レーザ光発生装置、レーザディスプレイ装置およびカラーレーザディスプレイ装置

(57) 【要約】

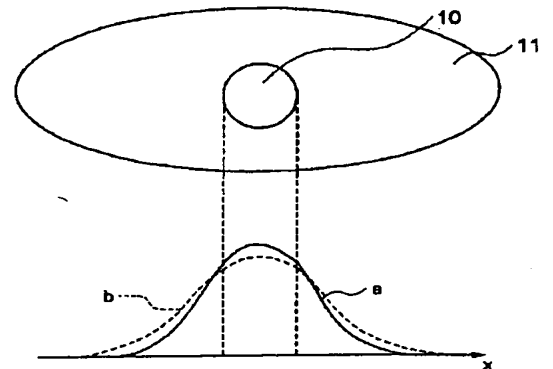
【課題】複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、1つの遷移波長帯の発振を抑制し、他の1つの遷移波長帯で発振および増幅させることが可能な光ファイバと、これを用いた光増幅発振装置、レーザ光発生装置、レーザディスプレイ装置およびカラーレーザディスプレイ装置を提供する。

【解決手段】第1の金属イオンを含有するコア10と、コアの外周部に形成され、第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも、好ましくは5倍以上大きい第2の金属イオンを含有するクラッド11とを有し、第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、第2の遷移に起因する光の少なくとも増幅または発振がなされる光ファイバ構成とし、この光ファイバを組み込んで、光増幅発振装置、レーザ光発生装置、およびレーザディスプレイ装置などを構成する。

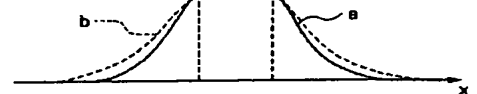
(a)



(b)



(c)



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の金属イオンを含有するコアと、
上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの
第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1
の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係
数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドと
を有し、
上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記第
2の遷移に起因する光の少なくとも増幅または発振がな
される光ファイバ。

【請求項2】上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移
波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第
2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも5倍以上
大きい請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項3】上記第1の金属イオンがNd³⁺である請求
項1に記載の光ファイバ。

【請求項4】上記第1の遷移が4F_{3/2} → 4I_{11/2}遷移
であり、上記第2の遷移が4F_{3/2} → 4I_{9/2}遷移であ
る請求項3に記載の光ファイバ。

【請求項5】上記第1の遷移の遷移波長帯が1050 ±
20 nmであり、上記第2の遷移の遷移波長帯が920
± 20 nmである請求項3に記載の光ファイバ。

【請求項6】上記光ファイバのvファクタが0.5 < v
< 2.5の範囲である請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項7】上記光ファイバは偏波面保存ファイバであ
る請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項8】上記コアは上記第1の金属イオンを含有す
るガラスからなる請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項9】上記コアは上記第1の金属イオンを含有す
るフッ化物ガラスからなる請求項8に記載の光ファイ
バ。

【請求項10】上記コアは上記第1の金属イオンを含有
するジルコニウムを含有するフッ化物ガラスからなる請
求項9に記載の光ファイバ。

【請求項11】上記第2の金属イオンは希土類イオンで
ある請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項12】上記第2の金属イオンはPr³⁺である請
求項11に記載の光ファイバ。

【請求項13】上記クラッド中のPr³⁺のドーピング量が1
重量%以上40重量%以下である請求項12に記載の光
ファイバ。

【請求項14】上記第2の金属イオンはSm²⁺である請
求項11に記載の光ファイバ。

【請求項15】上記クラッドの外周部に、さらに第2ク
ラッドが形成されている請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項16】第1の金属イオンを含有するコアと、上
記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第
1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の
金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係
数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを

2

有する光ファイバと、

上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1
の光源と、

励起光を出射する第2の光源と、

上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射させ
る光学手段とを有し、

上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光
の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2
の遷移に起因する光の発振がなされる光増幅発振装置。

10 【請求項17】上記第2の光源は半導体レーザである請
求項16に記載の光増幅発振装置。

【請求項18】上記励起光の波長が845 ± 10 nmあ
るいは775 ± 10 nmである請求項16に記載の光増
幅発振装置。

【請求項19】第1の金属イオンを含有するコアと、上
記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第
1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の
金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係
数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを
有する光ファイバと、

上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1
の光源と、

励起光を出射する第2の光源と、

入射された光を第2高調波に変換する非線形素子と、

上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射さ
せ、上記光ファイバからの出射光を上記非線形素子に入
射させる光学手段とを有し、

上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光
の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2
の遷移に起因する光の発振がなされ、

20 上記非線形素子において、上記光ファイバからの出射光
から変換された第2高調波のレーザ光が出射されるレー
ザ光発生装置。

【請求項20】レーザ光発生装置と、
上記レーザ光発生装置において発生されるレーザ光を空
間変調する空間変調器と、

上記空間変調されたレーザ光を投影するレンズと、

上記レーザ光が投影されるスクリーンとを有し、

上記レーザ光発生装置は、

30 第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部
に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移
波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第
2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第
2の金属イオンを含有するクラッドとを有する光ファイ
バと、

上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1
の光源と、

励起光を出射する第2の光源と、

入射された光を第2高調波に変換する非線形素子と、

50 上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射さ

3

せ、上記光ファイバからの出射光を上記非線形素子に入射させる光学手段とを有し、

上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2の遷移に起因する光の発振がなされ、

上記非線形素子において、上記光ファイバからの出射光から変換された第2高調波のレーザー光が出射されるレーザーディスプレイ装置。

【請求項21】上記第2高調波のレーザー光の波長が $460 \pm 10 \text{ nm}$ の波長である請求項20に記載のレーザーディスプレイ装置。

【請求項22】青色レーザー光発生装置、緑色レーザー光発生装置および赤色レーザー光発生装置と、

上記青色レーザー光発生装置、緑色レーザー光発生装置および赤色レーザー光発生装置において発生される青色レーザー光、緑色レーザー光および赤色レーザー光を空間変調する空間変調器と、

上記空間変調された上記青色レーザー光、緑色レーザー光および赤色レーザー光を投影するレンズと、

上記青色レーザー光、緑色レーザー光および赤色レーザー光が投影されるスクリーンとを有し、

上記青色レーザー光発生装置は、

第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを有する光ファイバと、

上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1の光源と、

励起光を出射する第2の光源と、

入射された光を第2高調波に変換する非線形素子と、

上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射させ、

上記光ファイバからの出射光を上記非線形素子に入射させる光学手段とを有し、

上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2の遷移に起因する光の発振がなされ、

上記非線形素子において、上記光ファイバからの出射光から変換された第2高調波のレーザー光が出射されるカラーレーザーディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ、光増幅発振装置、レーザー光発生装置、レーザーディスプレイ装置およびカラーレーザーディスプレイ装置に関し、特に、ファイバレーザを構成可能な光ファイバと、これを用いた光増幅発振装置、レーザー光発生装置、レーザーディスプレイ装置およびカラーレーザーディスプレイ装置に関する。

4

【0002】

【従来の技術】赤色、緑色および青色の各色に発光するレーザを組み合わせて、カラー画像を表示するカラーレーザーディスプレイ装置が提案されている。上記のレーザー光源としては、赤色と緑色のレーザに関しては半導体レーザの開発が進んでいる。緑色については固体レーザで10W出力の連続波レーザも現在入手可能である。一方で、青色のレーザに関しても種々の研究がなされており、例えば窒化ガリウム(GaN)に代表される窒化物系の化合物半導体レーザや、例えば920nm帯の赤外レーザ光を非線形素子により第2高調波に変換して得た青色レーザが考えられている。

【0003】上記の赤外レーザ光を非線形素子により第2高調波に変換する方法においては、非線形現象を利用しているために、非線形素子に入射する赤外レーザ光の強度を十分に確保する必要がある。例えば1050nm帯や1550nm帯におけるレーザ光を得るために、ダブルクラッド構造の光ファイバを利用したファイバレーザが提案されている。

【0004】図9は、上記のファイバレーザを構成するダブルクラッド構造の光ファイバの模式図である。上記の光ファイバ1は、コア10と、コア10の外周部に形成された第1クラッド11と、第1クラッド11の外周部に形成された第2クラッド12とを有する。コア10は、例えばEr³⁺やNd³⁺をドープしたガラスからなる。以下では、Nd³⁺の場合について説明する。第1クラッド11中に、例えば半導体レーザなどから出射される810nmの波長の励起光PLが入射されると、例えばガラス中のNd³⁺のエネルギー状態の遷移である $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移に起因して、例えば1050nm帯のレーザー光が発生する。ここで、例えば1050nmの波長の被増幅光である信号レーザー光SLをコア10中に、上記の励起光PLと同時に入射することで、1050nmの信号レーザー光SLを光ファイバ1中で増幅し、高強度の1050nm帯のレーザー光を得ることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、例えばカラーレーザーディスプレイなどの青色光源としては、第2高調波に変換したときに青色領域となる460nm帯となるように920nm帯の光を用いるので、1050nm帯の光は不要となっており、1050nm帯の発振を抑制することが望まれていたが、上記のようなNd³⁺をドープしたコアの光ファイバにおいては1050nm帯の波長での発振は920nm帯の波長での発振よりも非常に強く、1050nm帯の波長での発振を抑制しながら、920nm帯の波長で発振および増幅させることが非常に困難となっていた。

【0006】上記のように、ファイバレーザを構成することができると、上記の光ファイバにおいて、複数の発振可能な遷

5

移波長帯が存在するとき、1つの遷移波長帯の発振を抑制し、他の1つの遷移波長帯で発振および増幅させる方法は知られていない。

【0007】本発明は上記の状況に鑑みてなされたものであり、従って本発明の目的は、ファイバレーザを構成することができる光ファイバにおいて、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、1つの遷移波長帯の発振を抑制し、他の1つの遷移波長帯で発振および増幅させることが可能な光ファイバと、これを用いた光増幅発振装置、レーザ光発生装置、レーザディスプレイ装置およびカラーレーザディスプレイ装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の光ファイバは、第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを有し、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記第2の遷移に起因する光の少なくとも増幅または発振がなされる。

【0009】上記本発明の光ファイバは、好適には、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも5倍以上大きい。

【0010】上記本発明の光ファイバは、好適には、上記第1の金属イオンがNd³⁺である。さらに好適には、上記第1の遷移が $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移であり、上記第2の遷移が $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移である。また、さらに好適には、上記第1の遷移の遷移波長帯が 1050 ± 20 nmであり、上記第2の遷移の遷移波長帯が 920 ± 20 nmである。

【0011】上記本発明の光ファイバは、好適には、上記光ファイバの v ファクタが $0.5 < v < 2.5$ の範囲である。また、好適には、上記光ファイバは偏波面保存ファイバである。

【0012】上記本発明の光ファイバは、好適には、上記コアは上記第1の金属イオンを含有するガラスからなる。さらに好適には、上記コアは上記第1の金属イオンを含有するフッ化物ガラス、特にジルコニウムを含有するフッ化物ガラスからなる。

【0013】上記本発明の光ファイバは、好適には、上記第2の金属イオンは希土類イオンである。さらに好適には、上記第2の金属イオンはPr³⁺であり、上記クラッド中のPr³⁺のドーピング量が1重量%以上40重量%以下であることが好ましい。また、さらに好適には、上記第2の金属イオンはSm²⁺である。

【0014】上記本発明の光ファイバは、好適には、上記クラッドの外周部に、さらに第2クラッドが形成され

6

ている。

【0015】上記本発明の光ファイバは、例えば、ファイバレーザを構成することができる。ここで、コアに含有される第1の金属イオンに起因する複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも、例えば5倍以上大きい第2の金属イオンがクラッド中に含有されているので、当該クラッド中において第1の遷移波長帯の光を吸収して第1の遷移波長帯の発振を抑制し、一方で、第2の遷移波長帯で発振および増幅させることが可能である。

【0016】例えばNd³⁺を含むフッ化物ガラスからなるコアの場合、 $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移(1050 ± 20 nm)と $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移(920 ± 20 nm)の発振可能な遷移が存在するが、クラッド中にPr³⁺あるいはSm²⁺などの希土類イオンを所定濃度で含有させることで、 $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移(1050 ± 20 nm)による発振を抑制しながら、 $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移(920 ± 20 nm)による発振を増幅させることが可能となる。特に、 v ファクタを0.5~2.5程度に選択することで、コアに対してクラッド中を伝搬する光の割合を、 1050 ± 20 nmの光の方が 920 ± 20 nmの光よりも効果的に高くすることにより、 1050 ± 20 nmの光のクラッド中での吸収を効率的に行うことができ、 1050 ± 20 nmの光の発振を抑制することができる。

【0017】また、上記の目的を達成するために、本発明の光増幅発振装置は、第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを有する光ファイバと、上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1の光源と、励起光を出射する第2の光源と、上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射させる光学手段とを有し、上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2の遷移に起因する光の発振がなされる。

【0018】上記の本発明の光増幅発振装置は、好適には、上記第2の光源は半導体レーザである。また、Pr³⁺ドーピング以外では、好適には、上記励起光の波長は 800 ± 20 nmであるが、Pr³⁺ドーピングの場合は、好適には、上記励起光の波長が 845 ± 10 nmあるいは 775 ± 10 nmである。

【0019】上記の本発明の光増幅発振装置は、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、第1の遷移波長帯の発振を抑制し、第2の遷移波長帯で発振および増幅させることが可能な上記の本発明の光ファイバを用い

7

て、例えば $920 \pm 20 \text{ nm}$ の光を発振増幅させることが可能となる。

【0020】また、上記の目的を達成するために、本発明のレーザ光発生装置は、第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを有する光ファイバと、上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1の光源と、励起光を出射する第2の光源と、入射された光を第2高調波に変換する非線形素子と、上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射させ、上記光ファイバからの出射光を上記非線形素子に入射させる光学手段とを有し、上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2の遷移に起因する光の発振がなされ、上記非線形素子において、上記光ファイバからの出射光から変換された第2高調波のレーザ光が出射される。

【0021】上記の本発明のレーザ光発生装置は、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、第1の遷移波長帯の発振を抑制し、第2の遷移波長帯で発振および増幅させることが可能な上記の本発明の光ファイバを用いて、例えば $920 \pm 20 \text{ nm}$ の光を発振増幅させ、さらに入射された光を第2高調波に変換する非線形素子により、 $460 \pm 10 \text{ nm}$ の波長帯に変換されたレーザ光を出射することが可能となる。

【0022】また、上記の目的を達成するために、本発明のレーザディスプレイ装置は、レーザ光発生装置と、上記レーザ光発生装置において発生されるレーザ光を空間変調する空間変調器と、上記空間変調されたレーザ光を投影するレンズと、上記レーザ光が投影されるスクリーンとを有し、上記レーザ光発生装置は、第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを有する光ファイバと、上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1の光源と、励起光を出射する第2の光源と、入射された光を第2高調波に変換する非線形素子と、上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射させ、上記光ファイバからの出射光を上記非線形素子に入射させる光学手段とを有し、上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2の遷移に起因する光の発振がなされ、上記非線形素子において、上記光ファイバからの出射光から変換された第2高調波のレーザ光が出射される。

【0023】上記の本発明のレーザディスプレイ装置は、好適には、上記第2高調波のレーザ光の波長が46

8

$0 \pm 10 \text{ nm}$ の波長である。

【0024】上記の本発明のレーザディスプレイ装置は、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、第1の遷移波長帯の発振を抑制し、第2の遷移波長帯で発振および増幅させることが可能な上記の本発明の光ファイバを用いて、例えば $920 \pm 20 \text{ nm}$ の光を発振増幅させ、さらに入射された光を第2高調波に変換する非線形素子により、 $460 \pm 10 \text{ nm}$ の波長帯に変換し、得られたレーザ光をスクリーンに投影するレーザディスプレイ装置とすることができる。

【0025】また、上記の目的を達成するために、本発明のカラーレーザディスプレイ装置は、青色レーザ光発生装置、緑色レーザ光発生装置および赤色レーザ光発生装置と、上記青色レーザ光発生装置、緑色レーザ光発生装置および赤色レーザ光発生装置において発生される青色レーザ光、緑色レーザ光および赤色レーザ光を空間変調する空間変調器と、上記空間変調された上記青色レーザ光、緑色レーザ光および赤色レーザ光を投影するレンズと、上記青色レーザ光、緑色レーザ光および赤色レーザ光が投影されるスクリーンとを有し、上記青色レーザ光発生装置は、第1の金属イオンを含有するコアと、上記コアの外周部に形成され、上記第1の金属イオンの第1の遷移の遷移波長帯における吸収係数が、上記第1の金属イオンの第2の遷移の遷移波長帯における吸収係数よりも大きい第2の金属イオンを含有するクラッドとを有する光ファイバと、上記第2の遷移の遷移波長帯の被増幅光を出射する第1の光源と、励起光を出射する第2の光源と、入射された光を第2高調波に変換する非線形素子と、上記被増幅光と上記励起光を上記光ファイバに入射させ、上記光ファイバからの出射光を上記非線形素子に入射させる光学手段とを有し、上記光ファイバにおいて、上記第1の遷移に起因する光の増幅が抑制され、上記被増幅光の増幅または上記第2の遷移に起因する光の発振がなされ、上記非線形素子において、上記光ファイバからの出射光から変換された第2高調波のレーザ光が出射される。

【0026】上記の本発明のカラーレーザディスプレイ装置は、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、第1の遷移波長帯の発振を抑制し、第2の遷移波長帯で発振および増幅させることが可能な上記の本発明の光ファイバを用いて、例えば $920 \pm 20 \text{ nm}$ の光を発振増幅させ、さらに入射された光を第2高調波に変換する非線形素子により、 $460 \pm 10 \text{ nm}$ の波長帯に変換し、得られた青色レーザ光を、他の手段より得た緑色レーザ光および赤色レーザ光とともにスクリーンに投影するレーザディスプレイ装置とすることができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳しく説明する。

【0028】第1実施形態

10

20

30

40

50

9

図1は、例えば高出力の920nm帯の赤外レーザ光を得て、非線形素子により第2高調波に変換して460nm帯の青色レーザを発生させるレーザ光発生装置の模式構成図である。本実施形態のレーザ光発生装置においては、高出力の920nm帯の赤外レーザ光を得るために、後述するダブルクラッド構造のファイバレーザと呼ばれる光ファイバ1が用いられている。

【0029】光ファイバ1に対して、例えば、マスタレーザ光源20、励起光源(21, 22)、集光レンズ(23, 24)、合波素子25、合波ミラー26、集光レンズ(27, 28)、波長分離ミラー29、集光レンズ30、第2高調波発生用非線形素子31、集光レンズ32および波長分離ミラー33などがそれぞれ所定の位置に配置されている。

【0030】例えば、半導体レーザあるいは固体レーザなどからなるマスタレーザ光源20からは、被増幅光である920±10nmの波長の信号レーザ光SLが数〜100mWの出力で出射され、合波ミラー26および集光レンズ27により光ファイバ1に入射される。また、例えば、励起光源(21, 22)から810nm帯、845±10nmあるいは775±10nmの波長帯の励起光PLが数10mWの出力で出射され、集光レンズ(23, 24)、合波素子25および合波ミラー26を経て光ファイバ1に入射される。

【0031】光ファイバ1中では、1050nm帯の発振が抑制され、一方で、920nm帯の光が増幅されて高強度の赤外レーザ光ILとして出射される。得られた赤外レーザ光ILは、必要に応じて励起光と波長分離する波長分離ミラー29を介して、集光レンズ30により非線形素子31に入射される。非線形素子31中で、非線形現象により920nm帯の赤外レーザ光ILの第2高調波(460nm帯)に変換され、青色レーザ光BLとして出射される。得られた青色レーザ光BLは、集光レンズ32を経て、第2高調波(460nm帯)と基本波(920nm帯)を波長分離する波長分離ミラー33を介して取り出される。

【0032】図2(a)は、上記のファイバレーザを構成するダブルクラッド構造の光ファイバの模式図である。上記の光ファイバ1は、コア10と、コア10の外周部に形成された第1クラッド11と、第1クラッド11の外周部に形成された第2クラッド12とを有する。

【0033】図2(b)は、コア10と第1クラッド11部分の模式断面図である。コア10の断面は略円形であるが、第1クラッド10の断面は略楕円形状となっている。この構成により非対称性を持たせて複屈折性を増大させた偏波面保存ファイバとして機能し、この偏波面保存ファイバでは光の偏光を保存して伝達することが可能なので、上述の非線形光学現象の効率の向上などが可能となる。

【0034】上記の構成のコア10は、例えば0.01

10

〜0.1原子%の濃度でNd³⁺をドープした、フッ化物ガラスあるいはジルコニウムを含有するフッ化物ガラス(商品名ZBLAN)などのガラスからなる。

【0035】また、第1クラッド11は、例えば、コア中のNd³⁺のエネルギー状態の遷移である $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移に起因する1050nm帯における吸収係数が、 $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移に起因する920nm帯における吸収係数よりも大きい金属イオンを所定濃度で含有させたガラスなどからなる。上記金属イオンとしては、1050nm帯における吸収係数が920nm帯における吸収係数よりも、好ましくは5倍以上大きく、さらに好ましくは10倍程度大きい。上記の金属イオンとしては、例えば希土類イオンを用いることが可能で、具体的には、Pr³⁺を1重量%以上40重量%以下(典型的には15重量%)の濃度で含有させる。また、少量のSm²⁺を用いることも可能である。

【0036】図2(a)に示すように、第1クラッド11中に、例えば半導体レーザなどから出射される励起光PLが入射されると、ガラス中のNd³⁺の励起状態($4F_{3/2}$)が生成され、この状態から、例えば $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移(1050nm帯)と $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移(920nm帯)が生じて、各遷移エネルギーに相当する光が発生する。このとき、例えば $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移に相当する920nmの波長の被増幅光である信号レーザ光SLをコア10中に、上記の励起光PLと同時に入射することで、920nmの信号レーザ光SLを光ファイバ1中で増幅し、高強度の920nm帯のレーザ光を得ることができる。一方で、光ファイバ中を伝播する光はコア10だけでなく第1クラッド11中にも分布しており、この第1クラッド11中には、Pr³⁺またはSm²⁺など、1050nm帯における吸収係数が920nm帯における吸収係数よりも大きい金属イオンが含有されていることから、この金属イオンの吸収により、1050nm帯の光は利得よりも損失の方が大きくなるように設定でき、1050nm帯のレーザ光の発振が抑制される。例えば、上記第1クラッド11中の金属イオンの1050nm帯における吸収係数が920nm帯における吸収係数よりも5倍以上大きく、さらには10倍程度大きいことが好ましく、これにより効率的に1050nm帯のレーザ光の発振を抑制することができる。

【0037】1050nm帯の光が第1クラッド11中に分布する割合を高めることで、上記の第1クラッド11中における1050nm帯の光の損失をより大きくすることができ、これにより1050nm帯のレーザ光の発振をより抑制することができる。上記の1050nm帯の光が第1クラッド11中に分布する割合を高めるには、コアの半径、波長、およびコアと第1クラッドの屈折率で決定される光ファイバのvファクタを所定の範囲内に設定すればよく、これにより1050nm帯抑制の

効果が高められる。具体的には、 v の値を約0.5～2.5の範囲とすればよく、特に $v=1.2$ 程度とすることで、920nm帯の光に比して1050nm帯の光の第1クラッド11中の分布割合を最も高めることができる。

【0038】上記の励起光PLの波長は、通常Nd³⁺系のレーザファイバの励起には810nm帯の光が用いられるが、Pr³⁺がこの領域に吸収を有するため、第1クラッドがPr³⁺を含有する場合には、例えば845±10nmあるいは775±10nmの波長帯の励起光PLを用いる。Sm²⁺を用いる場合には、810nm帯の励起光PLを用いることができる。

【0039】上記の本実施形態に係るレーザ光発生装置は、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制され、第2の波長帯(920nm帯)の利得が得られ、高強度の920nm帯のレーザ発振を得て、非線形素子により第2高調波に変換し、460nm帯の青色レーザ光を発生させることができる。

【0040】(実施例)以下に、上記構成の第1クラッド11にPr³⁺を含有させた光ファイバについて、1050nm帯のレーザ光と920nm帯のレーザ光の利得を計算するシミュレーションの結果について説明する。図3は、シミュレーションの対象とする光ファイバの構造におけるコアと第1クラッド部分の屈折率プロファイルである。簡単のため、半径aのコアは屈折率 n_1 を有し、コアの外側に屈折率 n_2 の第1クラッドが形成されており、コアと第1クラッドの界面では屈折率が急峻に変化するステップインデックス型となっている例で計算を進める。上記の構造において、正規化周波数と呼ばれる v ファクタ(v)と、 Δ 、NA(開口数)および k は、それぞれ下記式(1)～(4)にて表される。即ち、 v ファクタ(v)は、コア半径 a 、波長 λ 、屈折率(n_1 , n_2)で一義的に決定される。また、コア中のNd³⁺の濃度は、0.01～0.1原子%(1×10^{25} /m³)とし、第1クラッド中のPr³⁺は15重量%とする。

【0041】

【数1】

$$v = kn_1 a \sqrt{2\Delta} \quad (1)$$

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \quad (2)$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (4)$$

【0042】次に、光が第1クラッド内を伝播する割合である η について考察する。コア内を伝播する割合は、 $(1-\eta)$ に相当する。 η は、上記の v ファクタの関数として、シミュレーションにより求められる。図4中の

実線aは η を v に対してプロットした図である。また、図4中の破線bは、1050nm帯の場合の η から波長が920nm帯の場合の η を引いた η の差($\Delta\eta$)を示す。 v の値が約0.5～2.5の範囲で、 $\Delta\eta$ は正の値を持ち、 $v=1.2$ 程度で最大($\Delta\eta=0.12$)となる。従って、920nm帯の光は、コアを34%、第1クラッドを66%伝播するときに、1050nm帯の光はコアを26%、第1クラッドを74%($=66\% \times (1+0.12)$)伝播するという結果となる。

【0043】図2(c)は、上記の結果から各波長帯の光が伝播する割合の分布を模式的に示した図であり、実線aは920nm帯の光が伝播する割合の分布であり、破線bは1050nm帯の光が伝播する割合の分布である。図2(c)の横軸は、図2(b)と同じ縮尺で、光ファイバの断面にける位置を示しており、コア10と第1クラッド11の境界に相当する部分を点線で示してある。また、各分布の曲線と横軸で囲まれた面積を実線aと破線bの分布で規格化して示している。図2(c)

は、上記の結果と同様に、第1クラッド中を伝播する光の割合は、1050nm帯の光(破線b)の方が、920nm帯の光(実線a)より多いことを示している。

【0044】次に、上記構成において、1050nm帯の光の利得と損失の差(ネットの利得)と、920nm帯の光の利得と損失の差(ネットの利得)について考察する。第1の波長帯(1050nm帯)および第2の波長帯(920nm帯)のそれぞれの光の利得と損失の差(ネットの利得)については、それぞれ下記式(5)および(6)の条件を満たす、即ち、式(5)が0以下となることで、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制され、式(6)が正となることで、第2の波長帯(920nm)での利得が得られ、レーザ発振が発生することになる。

【0045】

【数2】

$$\gamma_1 L P_{in} (1-\eta_1) - \alpha_1 L P_{in} \eta_1 \leq 0 \quad (5)$$

$$\gamma_2 L P_{in} (1-\eta_2) - \alpha_2 L P_{in} \eta_2 > 0 \quad (6)$$

【0046】上記式(5)および(6)において、第1項は利得であり、第2項は損失である。 γ_1 , γ_2 は利得係数で、それぞれ1050nm帯と920nm帯の各波長におけるコア中のNd³⁺の誘導放出散乱断面積と濃度の積で表され、 L は光ファイバの長さであり、 P_{in} は入射する励起光の強度であり、 η_1 , η_2 はそれぞれ1050nm帯と920nm帯の各波長における第1クラッド内を伝播する割合である。また、 α_1 , α_2 は、それぞれ1050nm帯と920nm帯の各波長におけるクラッド中の吸収係数であり、Pr³⁺などの金属イオンを含有するガラスの吸収スペクトルデータから見積もられる。

【0047】図5は、約30重量%のPr³⁺を含有する

13

ガラスの吸収スペクトルデータであり、縦軸は透過率、横軸は波長である。この図から、15重量%のPr³⁺を含有するガラスにおいて、1050nm帯における吸収係数 α_1 は15/m、920nm帯における吸収係数 α_2 は1.5/mと見積もられる。

【0048】1050nm帯における利得係数 γ_1 は、誘導放出散乱断面積($4 \times 10^{-24} \text{m}^2$) \times 濃度($1 \times 10^{25}/\text{m}^3$) $=40/\text{m}$ となる。また、920nm帯における利得係数 γ_2 は、誘導放出散乱断面積($0.53 \times 10^{-24} \text{m}^2$) \times 濃度($1 \times 10^{25}/\text{m}^3$) $=5.3/\text{m}$ となる。上記の散乱断面積は、典型的な値を採用しており、材料により多少の差が存在する。また、上記の計算から、1050nm帯における第1クラッド内を伝播する割合 η_1 は0.74であり、920nm帯における第1クラッド内を伝播する割合 η_2 は0.66である。

【0049】上記の各値を式(5)に代入すると、
 $[40 (\text{/m}) \times (1 - 0.74) - 15 (\text{/m}) \times 0.74] L P_{in} = -0.7 L P_{in} < 0$
 となり、第1項の利得より第2項の損失の方が大きくなって、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制される。

【0050】上記の各値を式(6)に代入すると、
 $[5.3 (\text{/m}) \times (1 - 0.66) - 1.5 (\text{/m}) \times 0.66] L P_{in} = 0.812 L P_{in} > 0$
 となり、第1項の利得の方が第2項の損失より大きくなって、第2の波長帯(920nm帯)の利得が得られ、レーザ発振・増幅が行われることになる。

【0051】次に、上記の920nm帯のレーザ発振・増幅が行われるための励起光の閾値を計算する。レーザ発振・増幅が行われるための励起光の閾値 I_{th} は、下記式(7)で示される。

【0052】

【数3】

$$I_{th} = \frac{h\nu_p}{\sigma_p \tau_2} \quad (7)$$

【0053】 h はプランク定数、 ν_p は励起光の振動数、 σ_p は励起光の波長での吸収散乱断面積、 τ_2 は蛍光寿命である。各値を式(7)に代入すると、 $I_{th} = 233 \text{ kW/cm}^2$ となり、上記光ファイバの有効断面積 $A_{eff} = 5 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ に対する閾値 P_{th} は、12mWとなり、本実施形態の光ファイバに励起光として12mW以上の光を導入することで、920nm帯のレーザ発振・増幅を行うことができる。

【0054】本実施例は、第1クラッドにPr³⁺を含有させた場合の光ファイバにおいて、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制され、第2の波長帯(920nm帯)の利得が得られ、レーザ発振・増幅が行われる条件を満たす光ファイバの構成と、レーザ発振・増幅させる閾値を計算したが、Pr³⁺の代わりにSm²⁺(例え

14

ば約1重量%)を含有させた場合の光ファイバに対して、上記と同様の計算を行うことで、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制され、第2の波長帯(920nm帯)の利得が得られ、レーザ発振・増幅が行われる条件を満たす光ファイバの構成と、レーザ発振・増幅させる閾値を計算することができる。図6は、約30重量%のSm²⁺を含有するガラスの吸収スペクトルデータであり、縦軸は透過率、横軸は波長である。この図から、例えば約1重量%のSm²⁺を含有するガラスの1050nm帯における吸収係数 α_1 および920nm帯における吸収係数 α_2 を見積もることができ、上記の計算に組み込むことが可能である。

【0055】第2実施形態

図7は、第1実施形態と同様、例えば高出力の920nm帯の赤外レーザ光を得て、非線形素子により第2高調波に変換して460nm帯の青色レーザを発生させるレーザ光発生装置の模式構成図である。920nm帯の赤外レーザ光の出力が高すぎると、光ファイバなどにダメージを与えてしまうので、複数個(図面上4個)の光ファイバのそれぞれにおいて分散して920nm帯の赤外レーザ光を得て、それらを合波し、非線形素子により第2高調波に変換して460nm帯の青色レーザを発生させる構成となっている。本実施形態のレーザ光発生装置における光ファイバ1は、第1実施形態で説明した光ファイバと同様の構成である。

【0056】複数個(図面上4個)の光ファイバ(1a, 1b, 1c, 1d)に対して、例えば、マスタレーザ光源20、分波ミラー(34a, 34b, 34c, 34d)、合波ミラー(35a, 35b, 35c, 35d)、集光レンズ(36a, 36b, 36c, 36d)、合波素子37、集光レンズ38、第2高調波発生用非線形素子39、集光レンズ40および出射素子41などがそれぞれ所定の位置に配置されている。

【0057】上記の各光ファイバ(1a, 1b, 1c, 1d)に、被増幅光である920 \pm 10nmの波長の信号レーザ光SLと、810nm帯、845 \pm 10nmあるいは775 \pm 10nmの波長帯の励起光PLが入射され、第1実施形態と同様に、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制され、第2の波長帯(920nm帯)の利得が得られ、920nm帯のレーザ発振・増幅が行われる。得られた920nm帯の赤外レーザILを合波素子37で合波し、高強度の赤外レーザ光ILとして非線形素子31に入射し、第2高調波(460nm帯)に変換して青色レーザ光BLとして出射させる。

【0058】上記の本実施形態に係るレーザ光発生装置は、第1実施形態と同様に、第1の波長帯(1050nm帯)の発振が抑制され、第2の波長帯(920nm帯)の利得が得られ、高強度の920nm帯のレーザ発振を得て、非線形素子により第2高調波に変換し、460nm帯の青色レーザ光を発生させることができる。

【0059】第3実施形態

本実施形態は、カラーレーザディスプレイ装置である。図8は、第1実施形態および第2実施形態に係るレーザ光発生装置を、青色レーザ光発生装置BLSとして用いたカラーレーザディスプレイ装置の模式構成図である。

【0060】本実施形態にカラーレーザディスプレイ装置は、光源として、青色レーザ光発生装置BLSの他に、緑色レーザ光発生装置GLS、赤色レーザ光発生装置RLSを有する。さらに、ガルバノミラーおよびGLV（グレーティングライトバルブ）やAOMなどからなる空間変調器MD、投影レンズLNおよびスクリーンSCを有する。

【0061】上記各光源から出射された青色レーザBL、緑色レーザGL、赤色レーザRLは、空間変調器MDにより空間変調され、投影レンズLNによりスクリーンSC上に投影され、画像を形成することができる。

【0062】ここで、青色レーザ光発生装置BLSは、第1実施形態および第2実施形態に係るレーザ光発生装置と同様の構成を用いている。即ち、920nm帯の赤外レーザ発生装置ILSと、920nm帯の赤外レーザILを第2高調波（460nm帯）に変換する非線形素子SHGを有しており、920nm帯の赤外レーザ発生装置ILSは、第1実施形態および第2実施形態に係るレーザ光発生装置の非線形素子の手前までの構成に相当する。赤外レーザ発生装置ILSからの920nm帯の赤外レーザILを非線形素子SHGにより第2高調波（460nm帯）に変換し、青色レーザBLを発生させている。

【0063】上記の本実施形態のカラーレーザディスプレイ装置は、第1の波長帯（1050nm帯）の発振が抑制され、第2の波長帯（920nm帯）の利得が得られ、高強度の920nm帯のレーザ発振を得て、非線形素子により第2高調波に変換し、460nm帯の青色レーザ光を発生させる構成の第1および第2実施形態に係る青色レーザ光発生装置を青色レーザ光源として有し、他の手段より得た緑色レーザ光および赤色レーザ光とともにスクリーンに投影してレーザディスプレイ装置を構成する。

【0064】本発明は、上記の実施の形態に限定されない。例えば、実施形態においては、ガラス中のNd³⁺のエネルギー状態の遷移である $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ 遷移（1050nm帯）と $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ 遷移（920nm帯）について、Pr³⁺またはSm²⁺などの希土類イオンの構成を第1クラッド中にドーピングする構成を示しているが、これに限定されず、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、クラッド中に1つの遷移波長帯の吸収係数が他の1つの遷移波長帯における吸収係数よりも大きい金属イオンを含有させることで、1つの遷移波長帯の発振を抑制し、他の1つの遷移波長帯で発振および増幅させることが可能であり、他のエネルギー状態間の

遷移、他の金属イオンなどに適用可能である。その他、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更をすることができる。

【0065】

【発明の効果】本発明の光ファイバは、ファイバレーザを構成することができる光ファイバにおいて、複数の発振可能な遷移波長帯が存在するとき、1つの遷移波長帯の発振を抑制し、他の1つの遷移波長帯で発振および増幅させることが可能であり、これを用いて、光増幅発振装置、レーザ光発生装置、レーザディスプレイ装置およびカラーレーザディスプレイ装置を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、第1実施形態に係るレーザ光発生装置の模式構成図である。

【図2】図2（a）は第1実施形態に係るレーザ光発生装置を構成する光ファイバの模式図であり、（b）はコアと第1クラッド部分の模式断面図であり、（c）は1050nm帯と920nm帯の各波長帯の光の伝播する割合の分布を模式的に示した図である。

【図3】図3は、実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

【図4】図4は、第1クラッド内を伝播する割合である η および1050nm帯の場合の η から波長が920nm帯の場合の η を引いた $\Delta\eta$ を v に対してプロットした図である。

【図5】図5は、Pr³⁺を含有するガラスの吸収スペクトルデータである。

【図6】図6は、Sm²⁺を含有するガラスの吸収スペクトルデータである。

【図7】図7は、第2実施形態に係るレーザ光発生装置の模式構成図である。

【図8】図8は、第3実施形態に係るカラーレーザディスプレイ装置の模式構成図である。

【図9】図9は、従来例に係るレーザ光発生装置の模式構成図である。

【符号の説明】

1…光ファイバ、10…コア、11…第1クラッド、12…第2クラッド、20…マスタレーザ光源、21、22…励起光源、23、24…集光レンズ、25…合波素子、26…合波ミラー、27、28…集光レンズ、29…波長分離ミラー、30…集光レンズ、31…非線形素子、32…集光レンズ、33…波長分離ミラー、34a、34b、34c、34d…分波ミラー、35a、35b、35c、35d…合波ミラー、36a、36b、36c、36d…集光レンズ、37…合波素子、38…集光レンズ、39…非線形素子、40…集光レンズ、41…出射素子、SL…信号レーザ光、PL…励起光、IL…赤外レーザ、BL…青色レーザ、GL…緑色レーザ、RL…赤色レーザ、ILS…赤外レーザ発生装置、

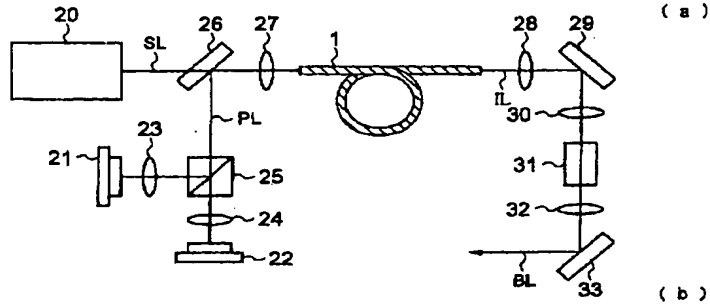
17

18

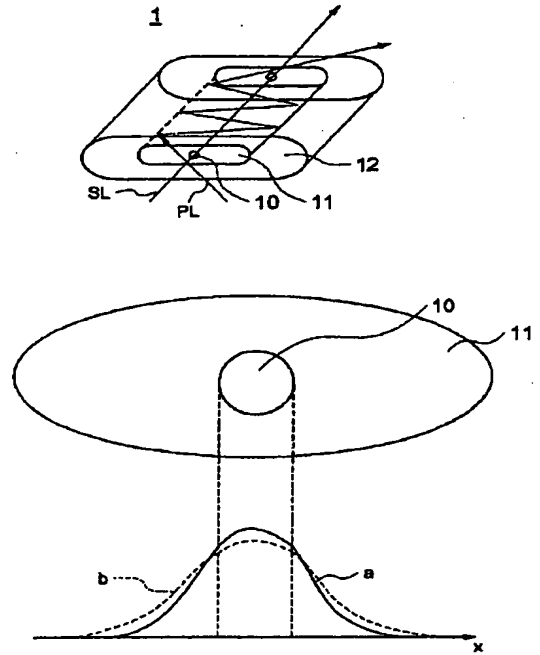
SHG…非線形素子、GLS…緑色レーザ光発生装置、
 RLS…赤色レーザ光発生装置、MD…空間変調器、L *

*N…投影レンズ、SC…スクリーン。

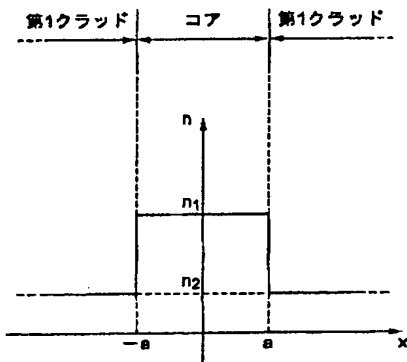
【図 1】



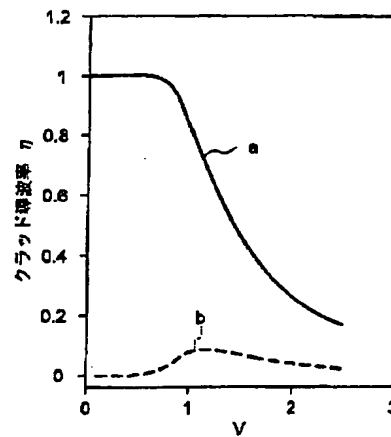
【図 2】



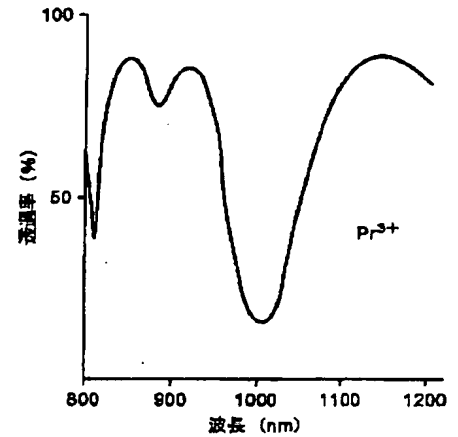
【図 3】



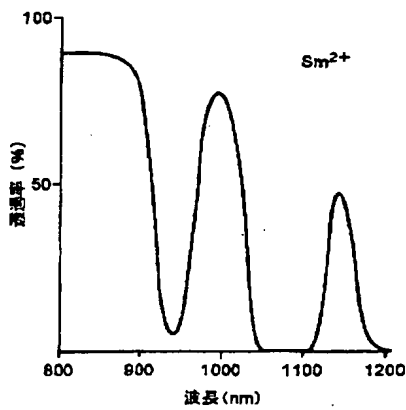
【図 4】



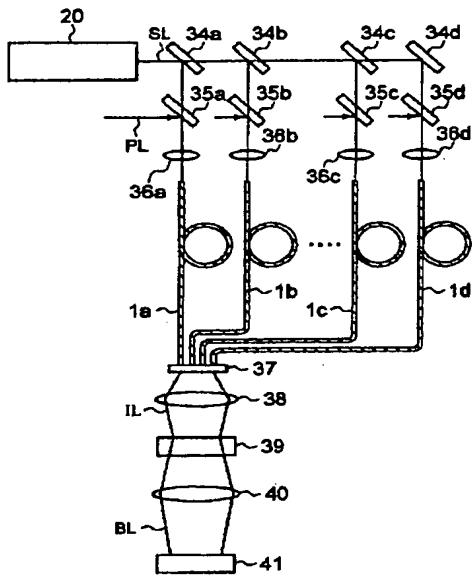
【図 5】



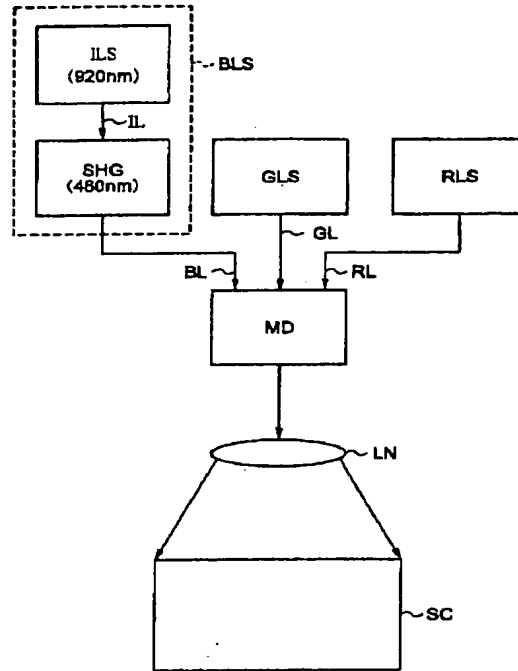
【図 6】



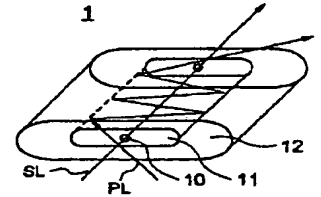
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 0 2 F 1/37

H 0 1 S 3/10

H 0 4 N 5/74

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10

H 0 4 N 5/74

G 0 2 B 6/16

テーマコード* (参考)

Z 5 F 0 7 2

H

3 0 1

F ターム (参考) 2H050 AB18Z AC03 AD00
2H079 AA04 CA22
2K002 AA07 AB12 HA20
4G062 AA06 BB17 CC01 DA01 DA10
DB01 DC01 DD01 DE01 DF01
EA01 EA10 EB01 EC01 ED01
EE01 EF01 EG01 FA01 FB01
FC02 FD01 FE01 FF01 FG01
FH01 FJ01 FJ02 FK01 FK02
FL01 FL02 GA01 GB01 GC01
GD01 GE02 HH01 HH03 HH05
HH07 HH09 HH11 HH13 HH15
HH17 HH20 JJ01 JJ03 JJ05
JJ07 JJ10 KK01 KK02 KK03
KK04 KK05 KK06 KK07 KK08
KK10 MM40 NN40
5C058 AA18 BA23 BA35 EA05 EA24
5F072 AB08 KK05 KK12 KK30 PP07
QQ02 YY20